

环境规制对中国绿色全要素生产率区域不平衡的影响

钟优慧¹, 杨志江^{1*}, 叶慧铮²

(1.韶关学院 商学院, 广东 韶关 512005; 2.昆明理工大学 管理与经济学院, 云南 昆明 650500)

摘要: 基于环境规制实际强度与拐点强度距离视角解读了中国绿色全要素生产率区域不平衡的形成机理, 并依据 2001—2019 年中国省(区、市)工业部门数据进行了实证检验。结果显示: 环境规制实际强度与绿色全要素生产率之间呈“U”形关系, 中国环境规制因实际强度整体较弱而对绿色全要素生产率的作用是负向的, 但样本期末环境规制的实际强度已迈过拐点强度, 继续严格实施环境规制有助于绿色全要素生产率提升; 由于企业技术创新能力较强和行业结构绿色化程度较高, 东部地区的环境规制拐点强度较低, 其与中西部地区的差距在逐步拉大; 在中国区域间环境规制政策非均衡实施的背景下, 东部地区环境规制实际强度相对于中西部地区明显较高, 而环境规制拐点强度又较低, 即环境规制实际强度与拐点强度的距离较大, 导致东部地区原本领先于中西部地区的绿色全要素生产率优势进一步彰显, 中国绿色全要素生产率区域不平衡问题不断加剧。

关键词: 环境规制; 绿色全要素生产率; 区域不平衡; 拐点强度

中图分类号: F124.6

文献标志码: A

文章编号: 1009-2013(2024)02-0095-10

Impact of environmental regulations on regional imbalance in China's green total factor productivity

ZHONG Youhui¹, YANG Zhijiang^{1*}, YE Huizheng²

(1. School of Business, Shaoguan University, Shaoguan 512005, China;

2. Faculty of Management and Economics, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China)

Abstract: From the perspective of the distance between the actual intensity and the inflection point strength of environmental regulations, this study interprets the formation mechanism of regional imbalances in China's green total factor productivity (GTFP). An empirical test is conducted based on provincial-level industrial sector data in China from 2001 to 2019. The results reveal a “U-shaped” relationship between the actual intensity of environmental regulations and GTFP. Due to the overall weak actual intensity of environmental regulation during the sample period, its impact on green total factor productivity is negative. However, as the actual intensity of environmental regulation surpasses the inflection point intensity at the end of the sample period, continued strict implementation of environmental regulation contributes to the enhancement of green total factor productivity. Owing to the strong technological innovation capabilities of enterprises and a higher level of industry structure greenization, the inflection point intensity of environmental regulation in the eastern region is relatively lower than that in the central and western regions. In the context of uneven implementation of environmental regulation policies in different regions in China, the eastern region exhibits relatively higher actual intensity of environmental regulation compared with the central and western regions, coupled with a lower inflection point intensity. This substantial distance between the actual intensity and inflection point intensity accentuates the pre-existing advantage of GTFP in the eastern region over the central and western regions, contributing to the escalating issue of regional imbalances in China's GTFP.

Keywords: environmental regulation; green total factor productivity; regional imbalance; inflection point intensity

收稿日期: 2023-11-20

基金项目: 广东省哲学社会科学规划项目(GD21CYJ19; GD17CYJ09)

作者简介: 钟优慧(1981—), 女, 浙江舟山人, 讲师, 主要研究方向为可持续发展经济学。*为通信作者。

一、问题的提出

为了满足人民的美好生活需要, 近年来党和国家把绿色发展提到前所未有的高度。党的十八大报

告明确提出要着力推进绿色发展,党的十九大报告进一步提出要形成绿色发展方式,并全面阐述了推进绿色发展的战略部署,党的二十大报告又强调要推动绿色发展,促进人与自然和谐共生。因此,推进绿色发展是近期国家发展战略的核心内容,更是新时代党和国家工作的重心。然而,在全面推进绿色发展的进程中,一个典型事实是绿色发展区域不平衡,中西部地区明显落后于东部地区^[1-3]。在此情形下,中西部地区不仅可能会失去经济赶超机会,还将蒙受巨大的环境福利损失,绿色发展不平衡也成为新时代区域平衡协调发展中的新难题。

采用绿色全要素生产率作为衡量指标,有学者测算了中国的绿色发展水平,发现存在区域不平衡问题。杨志江等的研究表明,1999—2012年沿海地区与内陆地区的绿色全要素生产率由不存在明显差异演变为两极分化格局凸显^[1]。Hu等的研究证实中国区域经济发展存在“双重恶化”现象,即中西部地区的市场全要素生产率和绿色全要素生产率的增长率均低于东部地区^[2]。李兰冰等的研究显示,东部地区生态全要素生产率的累积增长率一直高居首位,而中西部地区生态全要素生产率累积增长率不足全国平均水平,区域间的生产率累积变化差距呈扩大趋势^[3]。武义青、Lin和Sun等的研究表明,中国绿色全要素生产率不平衡问题突出,总体呈现“东高西低”“南快北慢”态势^[4-6]。也有少数文献对中国绿色全要素生产率区域不平衡的成因进行了分析,如袁润松等利用Luenberger指数分解方法,从“技术创新”“技术差距”和“管理”三个方面考察了中国绿色全要素生产率区域差异的成因^[7]。刘华军等利用泰尔指数分解方法,基于区域角度和结构组成角度考察了中国绿色全要素生产率地区差距的成因^[8]。

综合而言,少数探究中国绿色全要素生产率区域不平衡成因的文献多局限于实证分析,且采用指数分解法所能考虑的因素较为笼统,对实践的启示作用有限。环境具有典型的外部性特征,绿色发展的推进离不开政府环境规制政策的实施,而中国环境规制政策在区域间是非均衡实施的,中西部地区的环境规制相比东部地区明显较为宽松^[9,10],即环境规制实际强度相对于东部地区明显较低。在“波特假说”的分析框架下,众多文献研究了环境规制

对绿色全要素生产率的影响,但鲜有文献进一步考究环境规制与绿色全要素生产率区域不平衡的关系。现有一些文献发现中国环境规制实际强度与绿色全要素生产率呈“U”形关系^[11,12],但忽视了区域间环境规制拐点强度的差异性,也未能探究其深层次原因,更未测算出各省(区、市)的拐点强度。

基于中国的实际情况,本文提出环境规制对绿色全要素生产率区域不平衡影响的理论假设,并依据2001—2019年中国省际工业部门数据进行了实证检验。本文的边际创新主要体现在:一是对中国绿色全要素生产率区域不平衡的成因进行了分析,目前此问题尚未受到足够重视,这与中国积极推进的绿色发展实践极不相称;二是从技术创新和行业结构两个角度揭示出环境规制拐点强度存在区域异质性的原因,并测算出东中西三大区域及各省(区、市)环境规制拐点强度的差异;三是基于环境规制实际强度与拐点强度距离视角解读了中国绿色全要素生产率区域不平衡的形成机制,并采用多种计量模型进行了间接、直接以及稳健性检验。本文的研究有助于全面深刻地理解环境规制和绿色全要素生产率的关系,认识环境规制对绿色全要素生产率区域不平衡的影响机制,能够为各地合理制定环境规制政策和推进区域协调平衡发展提供参考价值。

二、理论分析与研究假设

环境规制是推进区域绿色发展的重要制度安排,但环境规制对绿色全要素生产率的作用是不确定的,即同时存在正负向效应。负向效应主要是环境规制可能驱使区域内被规制企业进行污染治理等非生产性活动(例如安装与运行治污设备),进而引起遵循成本支出增加。在产出不变时,遵循成本支出会降低企业的投入产出率,企业的生产率则会出现短期下降。由于稀缺资源被占用,遵循成本支出可能挤出企业生产技术创新投资和长期生产性投资,降低清洁生产技术研发和绿色生产设备的投入水平,继而阻碍绿色全要素生产率的提升^[13]。正向效应主要是环境规制可能刺激区域内企业进行生产技术创新(包括清洁生产工艺创新和绿色产品创新),诱发产生创新补偿效应。清洁生产工艺创新能够推动生产技术进步,在产出不变时生产要

素投入减少,特别是环境资源要素相对于资本、劳动力等其他要素下降幅度更大,从而有效提升绿色全要素生产率^[14]。绿色产品创新有助于企业调整产品结构,由高污染产品(污染密集型行业)转向高附加值的清洁产品(清洁行业),进而能够助推区域行业结构的优化升级^[15],而这会显著提升区域的绿色全要素生产率。显然,环境规制对绿色全要素生产率的影响是上述正负向效应综合作用的结果。在环境规制实际强度较低时,为了追求短期利润和规避风险,企业倾向于依靠治理来推进污染减排,而诱发出生产技术创新行为通常需要较为严格的环境规制^[16]。较弱的环境规制难以激发创新补偿效应,而在遵循成本效应的主导作用下对绿色全要素生产率具有负面影响;较严的环境规制能够激发创新补偿效应,且治污支出的减少又会显著弱化成本效应,正反向作用机制的此消彼长使得环境规制对绿色全要素生产率具有正面影响。因此,环境规制实际强度与绿色全要素生产率之间可能呈“U”形关系。据此,提出以下假设:

H₁: 环境规制实际强度与绿色全要素生产率之间呈先下降后上升的“U”形关系,即环境规制对绿色全要素生产率的促进作用存在拐点强度。

环境规制对绿色全要素生产率的影响会因技术创新、行业结构的差异而不同,故而环境规制拐点强度具有区域异质性。对于污染减排而言,污染治理具有见效周期较短、资源投入较少和风险较低的特点,而生产技术创新因需要对现有生产技术或产品进行改进甚至革新,往往伴随着更长的见效周期、更高的资金投入和更高的失败风险。因此,在技术创新的资源或能力受限时,出于避险心理和融资约束,企业不得不更多依靠污染治理推进污染减排,而很少进行风险更高的生产技术创新。企业技术创新能力越弱,对完成生产技术创新的自信程度和资源控制能力越低,越容易对污染治理行为形成路径依赖和锁定效应,环境规制越难以诱发出创新补偿效应,环境规制的拐点强度也就会越高。在要素投入结构中,污染密集型行业企业相对于清洁行业企业的固定资产投资占比要高^[17]。而固定资产投资占比越高,企业调整生产工艺或产品结构所需的成本也会越高,感知到进行生产技术创新的难度和风险会越大,对环境规制(遵循成本支出)的“容

忍程度”会越高,环境规制也就越难激发出创新补偿效应。因此,区域行业结构中污染密集型行业占比越高,环境规制的拐点强度也会越高。从中国实际情景看,无论是企业技术创新能力,还是行业结构绿色化程度,东部地区都要明显高于中西部地区。依据刘伟等对行业结构的划分^[18]计算发现,2001—2019年东中西三大区域的行业结构中清洁行业产值占比分别从39.6%、32.9%、37.3%上升到56.7%、43.1%和40.9%,各年均是东部地区明显高于中西部地区。毋庸置疑,东部地区企业整体的技术创新能力要显著强于中西部地区。历年《中国区域创新能力评价报告》显示,东部是企业创新能力最强的地区,而中西部地区相对较弱。据此,提出以下假设:

H₂: 环境规制的拐点强度存在区域异质性。东部地区企业技术创新能力较强,行业结构绿色化程度较高,使其环境规制拐点强度较低;中西部地区企业技术创新能力较弱,行业结构绿色化程度较低,使其环境规制拐点强度较高。

环境规制实际强度和绿色全要素生产率之间呈“U”形关系,这意味着,当环境规制实际强度超过拐点强度时,环境规制实际强度与拐点强度的距离(下文简称环境规制强度距离)越大,环境规制对绿色全要素生产率的正向累积效应越大;在环境规制实际强度未超过拐点强度时,环境规制强度距离越大(环境规制实际强度越低),环境规制对绿色全要素生产率的负向累积效应越小。受环境压力、经济基础和节能潜力等因素影响,中国环境规制政策在区域间是非均衡实施的,东部地区环境规制的实际强度要明显高于中西部地区^[9,10]。从前文分析可知,环境规制的拐点强度是东部地区低于中西部地区。当东部地区环境规制的实际强度超过拐点强度时,东部地区的环境规制强度距离则会大于中西部地区的环境规制强度距离。这样,东部地区的环境规制通过激发正向作用机制可以更充分发挥其对绿色全要素生产率的正向效应,同时可以更有效地削弱负向效应,从而对绿色全要素生产率具有更大的正向累积效应。中西部地区环境规制强度距离较小,环境规制难以对绿色全要素生产率形成较大的正向累积效应。因此,原本具有绿色全要素生产率优势的东部地区率先突破拐点强度,而超过拐点强度后更加严格

的环境规制又能对绿色全要素生产率形成更大的正向累积效应,从而会加剧绿色全要素生产率的区域不平衡。据此,提出以下假设:

H₃: 东部地区的环境规制强度距离要大于中西部地区的环境规制强度距离,导致中国绿色全要素生产率的区域不平衡现象越发严重。

三、研究设计

(一) 计量模型

本文以中国省(区、市)工业部门的面板数据为样本实证甄别环境规制实际强度与绿色全要素生产率的非线性关系,并检验环境规制强度距离对绿色全要素生产率区域不平衡的影响。首先,根据前文理论分析,本文把环境规制实际强度的二次项和一次项及技术创新、行业结构纳入绿色全要素生产率影响因素的计量模型,构建基本模型如下:

$$gtfp_{jt} = \beta_0 + \beta_1 er_{jt} + \beta_2 er_{jt}^2 + \beta_3 ti_{jt} + \beta_4 is_{jt} + \delta' M_{jt} + \omega_j + \mu_t + \varepsilon_{jt} \quad (1)$$

其中, j 和 t 分别表示省(区、市)和年份, $gtfp$ 表示绿色全要素生产率(累积值), er 、 ti 和 is 分别为环境规制实际强度、技术创新和行业结构, M 是控制变量向量。其次,考虑到技术创新或行业结构与环境规制对绿色全要素生产率的影响存在交互效应,在式(1)的基础上纳入交互项 $ti*er$ 和 $is*er$,调整后的模型形式为:

$$gtfp_{jt} = \beta_0 + \beta_1 er_{jt} + \beta_2 er_{jt}^2 + \beta_3 ti_{jt} + \beta_4 is_{jt} + \theta_1 ti_{jt} * er_{jt} + \theta_2 is_{jt} * er_{jt} + \delta' M_{jt} + \omega_j + \mu_t + \varepsilon_{jt} \quad (2)$$

在式(2)中加入交互项 $ti*er$ 和 $is*er$ 后,既可以反映技术创新或行业结构与环境规制的交互作用,又可以检验技术创新或行业结构对环境规制拐点强度的影响。因此, j 省(区、市)在时期 t 的环境规制拐点强度的计算公式可表示为:

$$er_{jt}^* = -\frac{\beta_1 + \theta_1 ti_{jt} + \theta_2 is_{jt}}{2\beta_2} \quad (3)$$

在式(3)中,若 $\theta_1 > 0$,意味着 ti 提高, er_{jt}^* 会降低;反之, ti 降低, er_{jt}^* 会提高。 θ_2 的解释与 θ_1 类似。已有文献只是测算出东部、中部或西部地区整体的环境规制拐点强度,本文通过式(2)和式(3)可计算出区域内各省(区、市)的环境规制拐点强度。

另外,为了直接检验环境规制强度距离区域差异对绿色全要素生产率区域不平衡的影响,本文构

建如下计量模型:

$$diff_gtfp_{ikt} = \alpha_0 + \alpha_1 diff_er_{ikt} + \phi' X_{ikt} + \tau_{ik} + \varphi_t + \sigma_{ikt} \quad (4)$$

在式(4)中, $diff_er_{ikt}$ 为第 t 时期东部地区 i 省(区、市)与中部(或西部)地区 k 省(区、市)的环境规制强度距离差异变量, $diff_gtfp_{ikt}$ 为第 t 时期东部地区 i 省(区、市)与中部(或西部)地区 k 省(区、市)的绿色全要素生产率差异(不平衡)变量, X_{ikt} 为其他控制变量, τ_{ik} 为地区固定效应, φ_t 为时间固定效应, σ_{ikt} 为随机扰动项。变量 $diff_er_{ikt}$ 的计算公式为:

$$diff_er_{ikt} = dist_er_{it} - dist_er_{kt} \quad dist_er_{it} = er_{it} - er_{it}^* \quad dist_er_{kt} = er_{kt} - er_{kt}^* \quad (5)$$

其中, $dist_er_{it}$ 为东部省(区、市)的环境规制强度距离, $dist_er_{kt}$ 为中部(或西部)省(区、市)的环境规制强度距离。 $diff_gtfp_{ikt}$ 的计算公式为: $diff_gtfp_{ikt} = gtfp_{it} - gtfp_{kt}$, $gtfp_{it}$ 为东部省(区、市)的绿色全要素生产率, $gtfp_{kt}$ 为中部(西部)省(区、市)的绿色全要素生产率。如果系数 α_1 显著为正,意味着区域环境规制强度距离差异是导致绿色全要素生产率区域不平衡的重要因素。

(二) 变量与数据来源

考虑到新冠疫情对经济社会发展的重大冲击,本文采用2001—2019年中国30个省(区、市)工业部门的数据进行实证检验(西藏的数据缺失较多,分析中将其略去)。缺失数据以插值法补齐,并调整为2000年不变价格。

1. 因变量

基于松弛的方向性距离函数(SDDF)和非径向的方向性距离函数(NDDF)是现有文献测算绿色全要素生产率的常用方法。参考已有研究^[1,19],本文在全局DEA模型框架下,同时运用SDDF、NDDF及GML指数测算绿色全要素生产率,在主检验中采用SDDF的测算结果,在稳健性检验中采用NDDF的测算结果。投入变量包括资本、劳动力、能源消费和用水总量,期望产出变量是工业总产值,非期望产出变量包括二氧化碳、二氧化硫和化学需氧量。

投入产出变量的数据来源如下:工业总产值采用各省(区、市)工业销售产值(工业品出厂价格指数平减)表示,资本投入采用固定资产净值年平均余

额(固定资产价格指数平减)衡量,劳动力投入用工业部门平均用工人数量衡量,数据来源于《中国工业统计年鉴》和《中国统计年鉴》;能源消费通过计算工业部门煤炭、焦炭、煤油、汽油、原油、柴油、燃料油和天然气 8 种能源折合为标准煤的消费量表示,各能源的消费量及折算标准煤系数来源于《中国能源统计年鉴》;结合能源消费量的计算,运用公式 $C = \sum_i^8 c_i = \sum_i^8 e_i \times f_i$ 估算碳排放总量,式中 c_i 、 e_i 、 f_i 分别为第 i 类能源的碳排放量、消费量和碳排放系数,各能源的碳排放系数来自 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories;用水总量、二氧化硫和化学需氧量数据来源于《中国环境统计年鉴》和各省(区、市)的《统计年鉴》。

2. 自变量

一般而言,环境规制可以分为行政命令型、市场激励型和公众参与型三个类型。在中国环境规制政策中,排污权交易、排污费等市场激励型环境规制的政策效果并不理想^[9],公众参与型环境规制的建设也相对滞后^[15],而主要实施的行政命令型环境规制又难以找到直接度量指标,因此现有文献大都从污染治理投入、污染排放量等角度来构造环境规制的间接度量指标。为了全面考虑治污投入和污染物排放,参考王勇等^[20]的思路,从污染物排放的治理投入强度角度构建环境规制实际强度衡量指标,单位污染物排放的治理投入越大,说明环境规制实际强度越大。具体公式为:

$$er_{jt} = \frac{I_{jt}/\bar{I}_t}{\frac{wpe_{jt}}{wpe_t} + \frac{gpe_{jt}}{gpe_t} + \frac{mpe_{jt}}{mpe_t}} \quad (6)$$

其中, I_{jt} 为 j 省(区、市)第 t 年的工业污染治理投入,即工业废气和废水的污染治理设施运行费用、建设项目“三同时”环保投资和工业污染源治理投资的总和,并用固定资产投资价格指数进行平减; \bar{I}_t 是第 t 年各省(区、市) I 的平均值; wpe_{jt} 、 gpe_{jt} 和 mpe_{jt} 分别为 j 省(区、市)第 t 年的工业废气排放总量、工业废水排放量和一般工业固体废物产生量, wpe_t 、 gpe_t 和 mpe_t 分别为第 t 年各省(区、市) wpe 、 gpe 和 mpe 的平均值。此外,在稳定性检验中还选取治污投资占总产值比重(工业污染治理投入/各省(区、市)工业企业总产值 $\times 10000$)来度量环境规制实际强度。

按照通常做法,本文选取各省(区、市)工业部门的研发经费支出占主营业务收入的比重作为 ti

的衡量指标,选取污染密集型行业工业总产值占工业总产值的比重作为 is 的衡量指标。污染密集型行业占比越高,意味着行业结构绿色化程度越低。此外,本文还纳入如下控制变量:一是能源消费结构 es ,选用煤炭消费占能源消费总量的比重来表示。煤炭能源是中国污染物排放的主要来源。煤炭能源在能源消费中占比越高,单位经济产出中污染物排放量越高,进而绿色全要素生产率可能会越低。二是对外开放度 od ,选用外资工业企业总产值占工业总产值的比重进行衡量。在对外开放中,外商直接投资既可能通过绿色技术扩散促进国内企业绿色技术进步,又可能通过直接投资节能环保产业和绿色新兴产业而促使产业结构优化升级,从而提升绿色全要素生产率。三是市场化程度 md ,选取非国有企业和非集体企业从业人员数占劳动力总人数的比例进行衡量。市场化程度越高,市场在资源配置中的决定性作用越大,能源、资本和劳动力等要素资源的配置效率越高,绿色全要素生产率也可能会越高。四是城镇化水平 ul ,采用城镇人口占总人口的比重来衡量。在城镇化过程中,由于过度开发土地,生态破坏和环境污染等问题可能会凸显。当然,人力资本和劳动力等要素资源向城市聚集,可能会形成规模经济,并带来人力资本和技术知识的增长,从而提高资源利用效率。因此,城镇化水平对绿色全要素生产率的影响是不确定的。

自变量和控制变量的指标数据来源于《中国科技统计年鉴》《中国工业统计年鉴》《中国统计年鉴》及前面计算的投入产出变量数据。

四、实证结果与分析

(一) 绿色全要素生产率和环境规制实际强度的区域差异

采用 SDDF 方法测算了各省(区、市)的绿色全要素生产率,并绘制了东部、中部和西部三大区域绿色全要素生产率(累积值)的变化趋势图(图 1)。可以发现,三大区域的绿色全要素生产率虽都维持上升态势,但东部地区的增速相对于中部和西部地区的增速明显更快,进而使得区域绿色全要素生产率呈两极分化趋势。基于式(6)测算了各省(区、市)的环境规制实际强度,并绘制了三大区域环境规制实际强度的变化趋势图(图 2),其中

区域环境规制实际强度是区域间各省(区、市)环境规制实际强度的平均值。从图2可知,中国环境规制实际强度“东高西低”的分布格局明显,且区域间的差距在不断扩大。中国绿色全要素生产率和环境规制实际强度的区域差异事实是后续实证检验的基础。

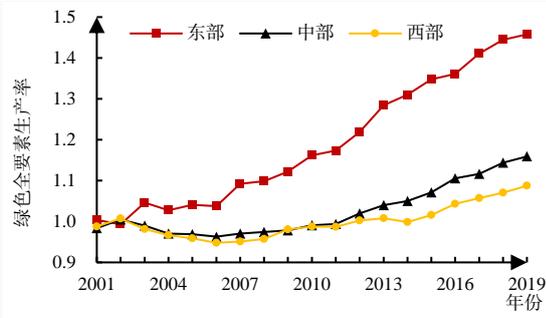


图1 区域间绿色全要素生产率(累积值)的变化趋势

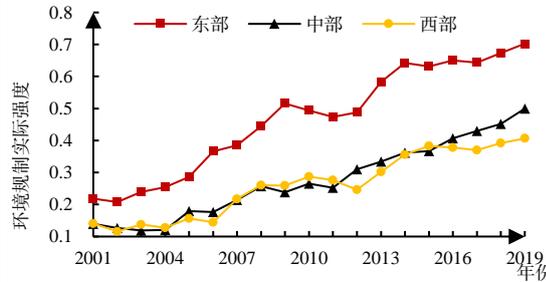


图2 区域间环境规制实际强度的变化趋势

(二) 环境规制实际强度与绿色全要素生产率之间的“U”形关系检验

考虑到误差项中可能存在异方差性和序列相关性,选取可行广义最小二乘法(FGLS)对计量模

型进行参数估计。表1中,模型(1)的回归结果列(1.1)显示, er 的系数显著为负,而 er^2 的系数显著为正,表明环境规制实际强度与绿色全要素生产率之间呈“U”形关系。考虑到两者也可能呈“倒N”形关系^[21],本文在模型(1)的基础上又加入了 er 的三次项变量进行回归分析。从列(1.2)可以知道, er^3 的系数为负,但不显著。因此, H_1 得到证实。根据列(1.1)的估计系数,计算出全国整体的环境规制拐点强度约为0.421,意味着环境规制实际强度超过此拐点强度才对绿色全要素生产率具有促进作用。样本期间各省(区、市)环境规制实际强度的平均值仅为0.328,低于拐点强度,说明大部分样本点位于“U”形曲线的左端,环境规制反而会抑制绿色全要素生产率提高。为了验证该结果,在模型(1)的基础上剔除了 er 的二次项进行回归。列(1.3)的结果表明, er 的系数显著为负,表明环境规制整体对绿色全要素生产率有显著负面作用,与模型(1)的结果相一致。中国环境规制实际强度普遍偏弱,大部分省(区、市)的环境规制实际强度多年未能超过拐点强度,导致环境规制对绿色全要素生产率的正向作用机制未能有效启动,而负向作用机制占据主导地位,因而遏制了绿色全要素生产率的提高。不过,随着近年来一系列环境规制政策的强力实施,样本期末的环境规制实际强度平均值(0.536)已迈过拐点强度,环境规制政策的实施有助于提高绿色全要素生产率。

表1 环境规制实际强度与绿色全要素生产率关系的检验结果

	(1.1)	(1.2)	(1.3)	(1.4)
er	-2.365*** (0.007)	-1.938*** (0.004)	-0.072* (0.061)	-0.431** (0.016)
er^2	2.807*** (0.000)	2.051** (0.011)		1.364*** (0.002)
er^3		-0.006 (0.428)		
ti	0.324*** (0.005)	0.409** (0.036)	0.681** (0.024)	-0.029* (0.062)
is	-0.625** (0.042)	-0.841* (0.085)	-1.546*** (0.000)	-0.137 (0.283)
$ti*er$				0.205** (0.016)
$is*er$				-0.436*** (0.009)
es	-0.142** (0.023)	-0.150** (0.020)	-0.137*** (0.004)	-0.145** (0.018)
od	0.015** (0.014)	0.017** (0.018)	0.024*** (0.000)	0.020** (0.036)
md	0.286*** (0.005)	0.279*** (0.000)	0.306*** (0.000)	0.287*** (0.000)
ul	-0.028 (0.113)	-0.026 (0.104)	-0.039* (0.067)	-0.022* (0.085)
地区/时间效应	YES	YES	YES	YES
$_cons$	6.852*** (0.000)	2.976*** (0.000)	5.023*** (0.000)	1.913*** (0.000)
$Adj-R^2$	0.847	0.824	0.865	0.884
obs	570	570	570	570

注: 括号内为 p 值; ***, **, * 分别表示在 1%、5% 和 10% 的水平上显著; 下同。

在其他控制变量中,能源消费结构与绿色全要素生产率显著负相关,而对外开放度、市场化程度

与绿色全要素生产率显著正相关，这些估计结果与预期基本符合。城镇化水平对绿色全要素生产率的影响总体上是负相关，这应该是由于地方政府推进城镇化的同时，也带来了较为严重的生态破坏和环境污染等问题。

(三) 环境规制拐点强度的区域异质性检验

表 1 中列 (1.4) 是模型 (2) 的估计结果。 $ti*er$ 的系数显著为正, $is*er$ 的系数显著为负, 说明技术创新、行业结构的不断变化会显著影响环境规制拐点强度。当 ti 提高即技术创新能力增强时, 环境规制对绿色全要素生产率的边际效应变大, 环境规制拐点强度会降低。当 is 变大即污染密集型行业占比提高时, 环境规制对绿色全要素生产率的边际效应变小, 环境规制拐点强度会提高。利用式 (3) 测算出各省 (区、市) 的环境规制拐点强度, 并进一步计算了东中西部三大区域的环境规制拐点强度 (区域环境规制拐点强度是区域内各省 (区、市) 环境规制拐点强度的平均值), 见表 2。由于篇幅所限, 表 2 仅列示了三大地区及各省 (区、市) 环境规制拐点强度的期初值 (2001 年)、期末值 (2019 年) 和样本期间的年平均值 (2001—2019 年)。可以知

道, 无论是期初值、期末值还是年平均值, 东部地区的环境规制拐点强度都明显低于中西部地区。综合上述分析, H_2 得到证实。相对于东部地区, 中西部地区的污染密集型企业占比较高, 企业生产工艺和产品结构的调整成本较高, 加上技术创新能力较弱, 导致企业更多依赖风险较低和投入要求较少的污染治理行为来实施污染减排, 而“波特假说”的创新补偿效应难以激发, 环境规制的拐点强度就会较高。

从表 2 还可以看出, 样本期间平均拐点强度较低 (≤ 0.30) 的省 (区、市) 包括上海、广东、北京、重庆和天津, 平均拐点强度较高 (≥ 0.55) 的省 (区、市) 包括内蒙古、宁夏、山西、甘肃和青海。从变化趋势看, 拐点强度下降幅度较大 (≥ 0.05) 的包括除福建外的其他东部地区及重庆、安徽、湖南、内蒙古和湖北, 拐点强度上升幅度较大 (≥ 0.05) 的省 (区、市) 包括青海、贵州、宁夏和新疆。从平均拐点强度看, 东部地区从期初的 0.362 下降到期末的 0.249, 而中部地区从 0.450 下降到 0.416, 而西部地区反而从 0.443 上升到 0.455, 中西部地区与东部地区的拐点强度差距逐步拉大。

表 2 地区环境规制拐点强度与实际强度

地区	拐点强度			实际强度			地区	拐点强度			实际强度		
	期初	期末	平均	期初	期末	平均		期初	期末	平均	期初	期末	平均
北京	0.273	0.180	0.249	0.254	0.854	0.667	河南	0.446	0.444	0.482	0.126	0.410	0.224
天津	0.349	0.209	0.300	0.330	0.773	0.629	湖北	0.365	0.309	0.367	0.110	0.490	0.289
河北	0.501	0.438	0.517	0.107	0.421	0.210	湖南	0.414	0.306	0.387	0.114	0.691	0.305
辽宁	0.450	0.315	0.390	0.156	0.471	0.253	广西	0.447	0.475	0.472	0.106	0.372	0.198
上海	0.328	0.105	0.232	0.267	1.064	0.622	重庆	0.351	0.208	0.272	0.109	0.483	0.315
江苏	0.365	0.249	0.318	0.151	0.595	0.382	四川	0.380	0.378	0.392	0.130	0.330	0.247
浙江	0.414	0.183	0.324	0.233	1.017	0.540	贵州	0.394	0.477	0.468	0.097	0.238	0.213
福建	0.270	0.319	0.336	0.205	0.493	0.293	云南	0.485	0.439	0.514	0.147	0.285	0.254
山东	0.408	0.347	0.390	0.240	0.577	0.389	陕西	0.349	0.376	0.337	0.118	0.500	0.263
广东	0.267	0.144	0.222	0.244	0.761	0.476	甘肃	0.540	0.502	0.557	0.192	0.389	0.315
海南	0.422	0.452	0.437	0.095	0.763	0.461	青海	0.508	0.593	0.546	0.121	0.161	0.169
山西	0.507	0.533	0.568	0.167	0.600	0.259	宁夏	0.491	0.556	0.576	0.100	0.719	0.313
内蒙古	0.622	0.528	0.589	0.167	0.353	0.219	新疆	0.484	0.548	0.533	0.285	0.589	0.321
吉林	0.433	0.416	0.423	0.239	0.303	0.247	全国	0.419	0.373	0.414	0.166	0.536	0.328
黑龙江	0.417	0.426	0.398	0.187	0.458	0.322	东部	0.362	0.249	0.328	0.219	0.703	0.446
安徽	0.426	0.302	0.388	0.124	0.499	0.250	中部	0.450	0.416	0.448	0.140	0.500	0.276
江西	0.450	0.435	0.438	0.070	0.430	0.180	西部	0.443	0.455	0.467	0.141	0.407	0.261

资料来源: 作者计算得到。读者如需要详细各年结果, 可向作者索取。

(四) 环境规制引致绿色全要素生产率区域不平衡的检验

1. 间接检验

本文通过比较东中西部三大区域的环境规制

强度距离, 间接检验环境规制对绿色全要素生产率区域不平衡的影响。从表 2 可知, 在样本初期, 各省 (区、市) 的环境规制强度距离均为负, 但东部地区环境规制的实际强度已接近拐点强度, 而中西

部绝大部分地区环境规制实际强度与拐点强度还相距甚远。伴随着环境规制逐步趋紧和拐点强度不断下降,东部地区2007年及之后的环境规制强度距离为正,而到2019年,环境规制实际强度已远超其拐点强度,正向距离高达0.454,环境规制对绿色全要素生产率形成强大的促进作用。受限于环境规制拐点强度较高及拐点强度下降幅度较小,中部地区的环境规制强度距离从2016年才开始为正,环境规制对绿色全要素生产率的促进作用刚刚显现。由于环境规制拐点强度较高及拐点强度还略有上升,西部地区的环境规制到样本期末仍未突破拐点。通过比较三大区域环境规制强度距离的差异,初步印证了H₃的推断。在原本具有绿色全要素生产率先发优势的基础上,东部地区的环境规制先于中西部地区突破拐点,使得东部地区率先进入“U”形曲线的右端,即在中西部地区的环境规制对绿色全要素生产率仍起负面作用时,东部地区的环境规制已能显著促进绿色全要素生产率提高,从而引致绿色全要素生产率的区域两极分化格局初显。在中

西部地区环境规制的实际强度刚跨过(靠近)其拐点强度,对绿色全要素生产率的促进作用仍然较弱(未能显现)时,东部地区的环境规制实际强度已远离其拐点强度,从而对绿色全要素生产率形成了强大的推动作用,导致绿色全要素生产率的区域两极分化格局凸显。

2.直接检验

基于式(4),本文直接检验了环境规制强度距离差异对绿色全要素生产率区域不平衡的影响。表3中的回归结果表明, $diff_er_{it}$ 的系数均显著为正,且都在1%水平上显著,说明环境规制强度距离的区域差异确实是导致中国绿色全要素生产率区域不平衡的重要原因,这再次印证了H₃的推断。东部地区环境规制的实际强度越远离其拐点强度,中西部地区环境规制的实际强度越靠近其拐点强度,东部地区相对于中西部地区的绿色全要素生产率优势会越来越明显,绿色全要素生产率区域不平衡现象会更加凸显。

表3 环境规制强度距离差异引致绿色全要素生产率区域不平衡的直接检验结果

模型	东部-中部		东部-西部	
	(2.1)	(2.2)	(2.3)	(2.4)
$diff_er_{it}$	0.174*** (0.000)	0.105*** (0.000)	0.283*** (0.000)	0.227*** (0.003)
控制变量	NO	YES	NO	YES
时间/地区效应	YES	YES	YES	YES
$_cons$	1.759** (0.000)	1.341*** (0.000)	2.108*** (0.000)	1.883*** (0.000)
$Adj-R^2$	0.385	0.317	0.287	0.231
obs	1900	1900	1900	1900

(五) 稳定性检验

为增强研究结果的可靠性,本文进行了如下稳健性检验。第一,在计量模型中加入 er 的二次项或三次项,这会引发多重共线性,因此基于面板门限模型检验了环境规制实际强度与绿色全要素生产率的非线性关系。表4的检验结果显示,单门槛效应是显著的,而双门槛效应和三门槛效应均不显著,这与估计结果列(1.1)和列(1.2)是吻合的,且门槛值与估计结果列(1.1)测算出的拐点值也较为接近。第二,为了缓解计量模型可能存在的内生性问题,本文选取 er_{t-1} (滞后1期)作为 er 的工具变量, er 的工具变量的平方项(三次方项)作为 er^2

(er^3)的工具变量, er 的工具变量分别与 ti 和 is 的乘积作为原先各交互项的工具变量,然后运用工具变量法对模型(1)和模型(2)进行了再检验。从表5中的列(2.1)和列(2.2)可知,运用工具变量法的估计结果与列(1.1)和列(1.2)基本一致。第三,采用NDDF测算的绿色全要素生产率以及治污投资占总产值比重衡量的环境规制实际强度重新对模型(1)和模型(2)进行了实证检验。由列(2.3)至列(2.6)可知,改变绿色全要素生产率的测算方法以及改变环境规制实际强度衡量指标的估计结果也与列(1.1)和列(1.2)保持了较好的一致性。因此,本文实证结果是稳健的。

表 4 门槛效应检验结果

门槛数	F 统计量	P 值	临界值			门槛值
			10%	5%	1%	
单门槛检验	17.642***	0.000	5.349	8.744	12.602	0.403
双门槛检验	8.130	0.247	9.272	11.651	14.091	
三门槛检验	3.875	0.153	6.168	7.847	9.125	

注：P 值和临界值的计算采用了 200 次抽样的 bootstrap 法。

表 5 部分稳定性检验结果

	工具变量法		gftp 采用 NDDF 测算		er 采用治污投资占比衡量	
	(2.1)	(2.2)	(2.3)	(2.4)	(2.5)	(2.6)
<i>er</i>	-2.273**(0.015)	-0.426*** (0.009)	-0.859*** (0.007)	-0.374** (0.020)	-0.782** (0.046)	-0.519*** (0.001)
<i>er</i> ²	2.841*** (0.000)	1.358** (0.014)	1.376** (0.029)	0.914*** (0.000)	1.259*** (0.007)	0.835** (0.034)
<i>ti</i>	0.329*** (0.000)	-0.030** (0.047)	0.420*** (0.000)	-0.041** (0.023)	0.318*** (0.004)	-0.031* (0.065)
<i>is</i>	-0.618** (0.037)	0.012 (0.257)	-0.758** (0.022)	-0.115* (0.074)	-0.634** (0.039)	-0.130 (0.304)
<i>ti*er</i>		0.214** (0.025)		0.172** (0.033)		0.287** (0.042)
<i>is*er</i>		-0.431** (0.011)		-0.379** (0.045)		-0.308* (0.067)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES
地区/时间效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>_cons</i>	6.914*** (0.000)	1.387*** (0.000)	8.306*** (0.000)	2.270*** (0.000)	5.797*** (0.000)	1.785*** (0.000)
<i>Adj-R</i> ²	0.853	0.875	0.812	0.826	0.839	0.843
<i>obs</i>	570	570	570	570	570	570

五、结论与政策建议

绿色全要素生产率区域不平衡不仅严重制约着中国推动绿色发展的整体进程，还会加剧区域发展不充分不平衡问题。本文从环境规制实际强度与拐点强度距离视角揭示了中国绿色全要素生产率区域不平衡的理论机制，并依据 2001—2019 年中国 30 个省（区、市）工业部门的面板数据，运用多种方法进行了实证研究。主要结论是：

（1）环境规制实际强度与绿色全要素生产率之间呈“U”形关系。环境规制对绿色全要素生产率的作用会随环境规制实际强度的提升呈现先抑制后促进的关系，不过现阶段的环境规制整体上已迈过拐点。

（2）技术创新和行业结构是影响区域环境规制拐点强度的重要因素。相对于中西部地区，东部地区的企业技术创新能力较强，行业结构绿色化程度较高，导致东部地区环境规制拐点强度明显低于中西部地区，且区域差距进一步拉大。

（3）区域间环境规制强度距离差异是加剧绿色全要素生产率区域不平衡的重要原因。具体而言，东部地区的环境规制拐点更早到来且环境规制强度距离更大，而中西部地区环境规制拐点较晚或

者仍未到来且环境规制强度距离更小，导致东部地区绿色全要素生产率的优势愈发凸显，中国绿色全要素生产率的区域不平衡问题越发严重。

本文的理论和实证分析对于政府环境规制政策的制定具有如下启示：

对于中央政府而言，需要继续严格实施环境规制，并通过增强企业技术创新能力和提高行业结构绿色化程度来降低环境规制拐点强度，以此拉大环境规制强度距离，更充分发挥环境规制对绿色发展的促进作用。需要强调的是，中央政府的环境规制政策应尽量在区域间平衡实施，既要在东部地区继续严格实施环境规制，更要强化中西部地区的环境规制。同时，中央政府在产业、技术和人才方面应加大对中西部地区的支持力度，包括积极推进绿色低碳产业转入、加快绿色低碳技术推广应用和鼓励绿色创新人才流入等，这既有助于减少环境规制强化对经济发展的负面影响，又有助于降低环境规制的拐点强度。

对于地方政府而言，要根据自身发展条件，采取措施尽早促使环境规制突破拐点并拉大环境规制强度距离。具体而言，对于宁夏、山西和新疆等地区，重点是降低环境规制拐点强度。一方面，要优化法治、政策和融资环境，完善技术创新引导机

制, 激发创新活力, 增强企业的技术创新能力; 另一方面, 要调整投资结构, 制定政策引导资金更多流向清洁型行业, 改变对污染密集型行业的高度依赖状况, 并限制污染密集型行业大量流入。对于吉林、云南、四川和河南等省, 重点是适当提高环境规制实际强度。值得注意的是, 对于未迈过拐点强度的地区, 提高环境规制实际强度会因遵循成本增加而在短期不利于绿色全要素生产率的提升, 甚至阻碍经济增长。这些地区在强化环境规制约束的同时, 需要加大生态补偿和减税降费的力度, 弱化遵循成本支出的负面作用, 并通过绿色研发补贴、环境税费返还等方式扶持企业开展清洁生产工艺的改造和更新, 形成鼓励绿色技术创新的长效机制。对于青海、贵州、甘肃、内蒙古、广西、云南和河北等地区, 需要同时注重降低环境规制拐点强度和 提高环境规制实际强度。增强技术创新能力和优化行业结构是一个较为长期的过程, 这些地区要尽快实现“波特假说”, 短期内更多要依赖环境规制实际强度的适当提高。作为中国绿色发展的“领头雁”, 上海、北京、广东和浙江等东部发达地区在坚持严格实施环境规制谋求自身绿色发展的同时, 要主动利用技术优势、产业优势, 扩大其绿色发展的溢出效应和示范效应。当然, 环境规制实际强度存在合理区间^[9], 过于严苛的环境规制不仅无法激发出创新补偿效应, 更是由于过多遵循成本效应而损害企业生产率。因此, 地方政府不能盲目提高环境规制实际强度, 要使其保持在合理区间, 从而对绿色发展起到持续促进作用。

参考文献:

- [1] 杨志江, 文超祥. 中国绿色发展效率的评价与区域差异[J]. 经济地理, 2017, 37(3): 10-18.
- [2] HU J L, SHEU H J, LO S F. Under the shadow of Asian Brown Clouds: unbalanced regional productivities in China and environmental concerns[J]. International journal of sustainable development & world ecology, 2005(1): 429-442.
- [3] 李兰冰, 刘秉镰. 中国区域经济增长绩效、源泉与演化: 基于要素分解视角[J]. 经济研究, 2015, 50(8): 58-72.
- [4] 武义青, 张旭. 我国省域经济绿色发展评价——基于绿色全要素生产率的视角[J]. 河北经贸大学学报, 2022, 43(1): 67-81.
- [5] LIN B Q, BENJAMIN N I. Green development determinants in China: a non-radial quantile outlook, Journal of cleaner production[J]. 2017, 162: 764-775.
- [6] SUN C Z, TONG Y L, ZOU W. The evolution and a temporal-spatial difference analysis of green development in China[J]. Sustainable cities and society, 2018, 41: 52-61.
- [7] 袁润松, 丰超, 王苗, 等. 技术创新、技术差距与中国区域绿色发展[J]. 科学学研究, 2016(10): 1593-1600.
- [8] 刘华军, 李超, 彭莹. 中国绿色全要素生产率的地区差距及区域协同提升研究[J]. 中国人口科学, 2018(4): 30-41.
- [9] 杨志江, 朱桂龙. 技术创新、环境规制与能源效率——基于中国省际面板数据的实证检验[J]. 研究与发展管理, 2017, 29(4): 23-32.
- [10] 王芳. 我国环境规制强度测度及其对就业规模的影响——基于省际动态面板数据的实证分析[J]. 中国环境管理, 2021, 13(1): 121-127, 75.
- [11] 陈菁泉, 刘伟, 杜重华. 环境规制下全要素生产率逆转折点的空间效应——基于省际工业面板数据的验证[J]. 经济理论与经济管理, 2016(5): 57-67.
- [12] 杜龙政, 赵云辉, 陶克涛, 等. 环境规制、治理转型对绿色竞争力提升的复合效应——基于中国工业的经验证据[J]. 经济研究, 2019, 54(10): 106-120.
- [13] KNELLER R, MANDERSON E. Environmental regulations and innovation activity in UK manufacturing industries[J]. Resource and energy economics, 2012, 34(2): 211-235.
- [14] YANG C H. Environmental regulations, induced R&D, and productivity[J]. Resource and energy economics, 2012 (34): 514-532.
- [15] 原毅军, 谢荣辉. 环境规制的产业结构调整效应研究——基于中国省际面板数据的实证检验[J]. 中国工业经济, 2014(8): 57-69.
- [16] 王珍愚, 曹瑜, 林善浪. 环境规制对企业绿色技术创新的影响特征与异质性——基于中国上市公司绿色专利数据[J]. 科学学研究, 2020(9): 1-22.
- [17] 童健, 刘伟, 薛景. 环境规制、要素投入结构与工业行业转型升级[J]. 经济研究, 2016, 51(7): 43-57.
- [18] 刘伟, 童健, 薛景. 行业异质性、环境规制与工业技术创新[J]. 科研管理, 2017, 38(5): 1-11.
- [19] 李江龙, 徐斌. “诅咒”还是“福音”: 资源丰裕程度如何影响中国绿色经济增长?[J]. 经济研究, 2018, 53(9): 151-167.
- [20] 王勇, 李建民. 环境规制强度衡量的主要方法、潜在问题及其修正[J]. 财经论丛, 2015(5): 98-106.
- [21] 李玲, 陶锋. 中国制造业最优环境规制强度的选择——基于绿色全要素生产率的视角[J]. 中国工业经济, 2012(5): 70-82.

责任编辑: 曾凡盛